

PAT-NO: JP409260742A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09260742 A

TITLE: MAGNETORESISTANCE EFFECT DEVICE

PUBN-DATE: October 3, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HASHIMOTO, MINORU

SUGAWARA, NOBUHIRO

YAOI, TOSHIHIKO

KANO, HIROSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SONY CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP08070018

APPL-DATE: March 26, 1996

INT-CL (IPC): H01L043/08, G01R033/09

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an MR device in which stable magnetoresistance can be obtained, even when the width of a soft magnetic material is narrowed.

SOLUTION: This MR device has a soft magnetic material 1, a rear end electrode 4 connected to one end in the longitudinal direction of the soft magnetic material 1 and a front-end electrode 5 connected to the other end of the soft magnetic material 1. Magnetic domain stabilizing materials 2 and 3, which can generate bias magnetic fields having components parallel to the width direction of the soft magnetic material 1, are arranged on both ends in the width direction of the soft magnetic material 1. Consequently, if the bias magnetic fields which overcome magnetostatic anisotropy in the longitudinal direction can be applied, the magnetizing direction  $D<SB>f</SB>$  of the single-layered soft magnetic material 1 is oriented in the width direction. The electrical resistance of the magnetic domain stabilizing materials 2 and 3 is greater than that of the soft magnetic material 1, thereby suppressing the loss of a sense current  $i$ . Such an MR device 10 is preferably and for a so-called vertical MR head.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-260742

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	B
G 0 1 R 33/09			G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

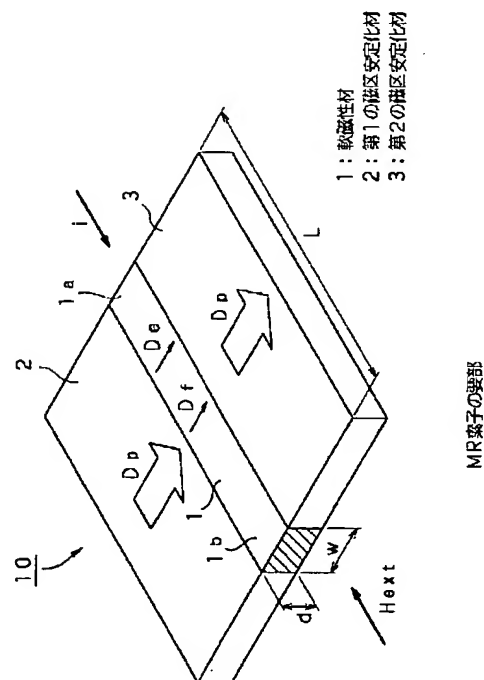
(21) 出願番号	特願平8-70018	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成8年(1996)3月26日	(72) 発明者	橋本 実 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	菅原 伸浩 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	矢追 俊彦 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小池 晃 (外2名)
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 軟磁性材の幅を狭くしても、安定した磁気抵抗特性が得られる磁気抵抗効果素子 (MR素子) を提供する。

【解決手段】 軟磁性材1と、該軟磁性材1の長手方向の一端部に接続される後端電極4と、該軟磁性材1の他端部に接続される先端電極5とを備え、軟磁性材1の幅方向の両端側に、該軟磁性材1の幅方向に平行な成分を有するバイアス磁界を発生可能な磁区安定化材2、3が配設される。これにより、長手方向の静磁的な磁気異方性に打ち勝つだけのバイアス磁界を印加することができれば、単層の軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ が幅方向に向くようになる。磁区安定化材2、3の電気抵抗は軟磁性材1の電気抵抗よりも大きくなされ、これにより、センス電流 $i$ の損失を抑制する。このようなMR素子10は、いわゆる縦型MRヘッドに適用されて好適である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 軟磁性材と、該軟磁性材の長手方向の一端部に接続される第1の電極と、該軟磁性材の他端部に接続される第2の電極とを備えた磁気抵抗効果素子において、

前記軟磁性材の幅方向の両端側に、該軟磁性材の幅方向に平行な成分を有するバイアス磁界を発生可能な磁区安定化材が配設されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記磁区安定化材が、前記軟磁性材の長手方向の一端部から他端部に亘って連続的に配設されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記磁区安定化材が、前記軟磁性材の長手方向の一端部のみ、あるいは、前記軟磁性材の長手方向の両端部のみに配設されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記磁区安定化材の電気抵抗が、前記軟磁性材の電気抵抗より大きいことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記磁区安定化材と前記軟磁性材との間に、絶縁材が介在されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記磁区安定化材が、硬磁性材料膜であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 前記磁区安定化材が、軟磁性材料膜と硬磁性材料膜との積層膜であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記磁区安定化材が、反強磁性体膜であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記磁区安定化材が、軟磁性材料膜と反強磁性体膜との積層膜であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 磁気シールド間に挟み込まれることにより磁気ヘッドを構成し、磁気記録媒体の信号記録面に対して前記軟磁性材の長手方向が垂直となるようにして用いられることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 前記磁区安定化材が、前記軟磁性材における前記磁気記録媒体と対向する一端部から前記磁気シールド間の間隔に相当する長さ以上後方まで配設されていることを特徴とする請求項10記載の磁気抵抗効果素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、単層の軟磁性材を用いた磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、磁気抵抗効果を有する磁性膜を用いた磁気抵抗効果素子（以下、MR素子と称す

る。）は、磁界を検出する素子として、磁気センサ、磁気ヘッド、回転検出素子、位置検出素子等として用いられている。

【0003】ここで、図16に、最も単純なMR素子110の構成を示す。このMR素子110は、幅W、長さLの単層の軟磁性材101が、その磁化容易軸方向D<sub>0</sub>が幅方向と平行となるように形成され、該軟磁性材101の長手方向の両端部に図示しない電極がそれぞれ配設されてなる。このようなMR素子110においては、外部磁界H<sub>ext</sub>によって軟磁性材101の抵抗変化が生じるはずであり、電極間にセンス電流iを流せば、該電極間の電圧変化として、外部磁界H<sub>ext</sub>検出できるはずである。

【0004】しかしながら、実際に上述のMR素子110に、長手方向に平行な方向から外部磁界H<sub>ext</sub>を印加したときの磁化を測定すると、図17に示されるように、非常に大きなヒステリシスを生じ、また、電気抵抗を測定すると、図18に示されるように、外部磁界H<sub>ext</sub>に伴う抵抗変化が現れない。これは、軟磁性材101の長手方向の静磁的な磁気異方性が、磁化容易軸方向D<sub>0</sub>の物性的な磁気異方性を上回るために、軟磁性材101の磁化方向D<sub>f</sub>が磁化容易軸方向D<sub>0</sub>を向くことができないためである。

【0005】このため、このようなMR素子110を例えば磁気ヘッドに適用するに際しては、外部磁界H<sub>ext</sub>（この場合、信号磁界である。）の方向が軟磁性材の磁化容易軸方向D<sub>0</sub>と平行となるように構成されてきた。なお、以下、外部磁界H<sub>ext</sub>の方向に軟磁性材の磁化容易軸方向D<sub>0</sub>が垂直となるようにMR素子を配する磁気ヘッドを縦型MRヘッドと称し、外部磁界H<sub>ext</sub>の方向に軟磁性材の磁化容易軸方向D<sub>0</sub>が平行となるようにMR素子を配する磁気ヘッドを横型MRヘッドと称することとする。しかしながら、上述したような横型MRヘッドにおいては、電極間の間隔にてトラック幅が定められることとなるため、狭トラック化には限界があった。

【0006】そこで、軟磁性材の幅によってトラック幅を定めることができ、且つ、軟磁性材の磁化方向を磁化容易軸方向D<sub>0</sub>に向かせることができるような縦型MRヘッドを構成するため、非磁性膜を介して2層の軟磁性材が積層されてなるMR素子が考えられた。図19に示されるように、このMR素子120は、第1の軟磁性材102および第2の軟磁性材103が図示しない非磁性膜を介して積層されると共に、両軟磁性材102、103の長手方向の両端部に図示しない電極がそれぞれ配設されてなる。

【0007】このようなMR素子120においては、両軟磁性材102、103間の静磁的な相互作用によって互いの磁化方向D<sub>f</sub>が影響を受けること、電極間に流すセンス電流iによって両軟磁性材102、103内に所定方向の電流磁界H<sub>i</sub>が生じることを利用して、両軟

磁性材102、103の磁化方向 $D_f$ を磁化容易軸方向 $D_e$ に向かせることができる。このような構成のMR素子120であれば、磁化容易軸方向 $D_e$ に垂直な方向からの外部磁界 $H_{ext}$ によっても、両軟磁性材102、103の磁化方向 $D_f$ が回転し、抵抗変化が生じる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このMR素子120に、磁化容易軸方向 $D_e$ に垂直な方向から外部磁界 $H_{ext}$ を印加したときの磁化を実際に測定すると、図20に示されるように、ヒステリシスを有する磁化曲線しか得られない。なお、電気抵抗は図21のようになる。但し、図20および図21は、両軟磁性材102、103の幅が $2.5\mu m$ のときの特性であり、この幅を狭くするほど、外部磁界 $H_{ext}$ に対する磁化曲線、抵抗曲線ともヒステリシスが大きくなる。例えば、両軟磁性材102、103の幅が $0.5\mu m$ のときの抵抗曲線は、図22に示されるように、大きなヒステリシスを有するものとなってしまふ。

【0009】図23にMR素子120の断面を示すように、上述したような現象は、第1の軟磁性材102および第2の軟磁性材103の面積が異なっていることによって起こる。第1の軟磁性材102、非磁性膜104、第2の軟磁性材103よりなる積層体を所定形状にパターニングするに際し、その断面が垂直となるようにエッチングすることは困難であり、通常、エッチング後の積層体の側面は、 $90^\circ$ 未満の所定角度 $\theta$ を有する斜面となってしまうのである。

【0010】そして、MR素子120において、第1の軟磁性材102の幅と第2の軟磁性材103の幅とに差が生じていると、両軟磁性材102、103の端面に生じる磁極磁界の大きさに差が生じてしまう。このため、外部磁界 $H_{ext}$ が印加されていない状態でも、図24に示されるように、両軟磁性材102、103内の磁化方向 $D_f$ が、磁化容易軸方向 $D_e$ を向くことができなくなるのである。なお、MR素子120の幅が狭くなるほど、このような現象が顕著になるのは、両軟磁性材102、103の幅を狭くするほど、両者の幅の差が無視できなくなってくるためである。

【0011】従来の係る実情を鑑みて、本発明においては、軟磁性材の幅を狭くしても、安定した磁気抵抗特性が得られるMR素子を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係るMR素子は、上述の目的を達成するものであり、軟磁性材と、該軟磁性材の長手方向の一端部に接続される第1の電極と、該軟磁性材の他端部に接続される第2の電極とを備え、軟磁性材の幅方向の両端側に、該軟磁性材の幅方向に平行な成分を有するバイアス磁界を発生可能な磁区安定化材が配設されているものである。

【0013】なお、ここでいうバイアス磁界とは、交換

バイアス磁界を含むものである。

【0014】磁区安定化材の保磁力が十分に大きければ、磁区安定化材と軟磁性材とが隣接する領域において、磁区安定化材の磁化と軟磁性材の磁化とが強磁性結合し、軟磁性材の磁化方向 $D_f$ が磁区安定化材の磁化方向 $D_a$ と同じ方向を向くようになる。このようにして、長手方向の静磁的な磁気異方性に打ち勝つだけのバイアス磁界を印加することができれば、単層の軟磁性材であっても磁化方向 $D_f$ が幅方向に向くようになる。なお、軟磁性材の磁化容易軸方向 $D_e$ を幅方向に設定しておけば、比較的小さなバイアス磁界で、軟磁性材の磁化方向 $D_f$ を幅方向に向けることができるが、十分に大きなバイアス磁界を印加できるならば、軟磁性材の磁化容易軸方向 $D_e$ を幅方向に設定しておく必要もない。

【0015】そして、本発明を適用して、軟磁性材の磁化方向 $D_f$ を幅方向に向けることができれば、軟磁性材の磁化分布が単磁区状態に安定化されるため、MR素子の磁気抵抗特性をヒステリシスを有さない安定化なものとすることができる。

【0016】なお、磁区安定化材は、軟磁性材の幅方向の両端側に、該軟磁性材の長手方向に平行な中心線に対して対称となるように配設されるならば、軟磁性材の一端部から他端部の間のいずれの位置に配設されてもよい。軟磁性材の長手方向の一端部から他端部に亘って連続的に配設されれば、軟磁性材全体に亘って磁区の安定化を図ることができるようになる。

【0017】但し、軟磁性材の両端に磁区安定化材が接触していると、第1の電極と第2の電極との間にセンス電流を流す際に、磁区安定化材内にセンス電流が漏れる虞れがある。そして、この漏れ電流は磁気抵抗を検出しないため、漏れ電流によって軟磁性材内に流れる電流が損失すると、その分、軟磁性材の磁気抵抗比は低下することとなる。電流の損失を抑制するには、磁区安定化材を、軟磁性材の長手方向の一端部のみ、あるいは、軟磁性材の長手方向の両端部のみに配設し、軟磁性材のうち第1の電極と第2の電極との間の実質的に感磁部となる領域には磁区安定化材を接触させないようにすることが有効である。

【0018】また、磁区安定化材の電気抵抗を軟磁性材の電気抵抗より大きくすることによっても、電流の損失を抑制できる。この場合、軟磁性材の実質的に感磁部となる領域に磁区安定化材を接触させても、センス電流の殆どが軟磁性材内を流れるようになるため、電流損失を抑制することができるようになる。

【0019】さらに、磁区安定化材と軟磁性材との間に絶縁材を介在させることによっても、電流の損失を抑制できる。但し、絶縁材を介在させても、磁区安定化材が第1の電極と第2の電極との両方と接触しては電流が損失するため、磁区安定化材は、第1の電極と第2の電極の少なくともいずれかに非接触とされる必要があ

る。このような構成とすれば、磁区安定化材が軟磁性材の長手方向の一端から他端に亘る全領域に配設されても、電流の損失は殆ど生じなくなる。

【0020】ここで、磁区安定化材としては、硬磁性材料膜、軟磁性材料膜と硬磁性材料膜との積層膜、反強磁性体膜、軟磁性材料膜と反強磁性体膜との積層膜が挙げられる。いずれの構成においても、強磁性結合を利用して、軟磁性材の磁化方向 $D_f$ を磁区安定化材の磁化方向 $D_p$ と同じ方向に揃えることができる。

【0021】以上のような構成を有するMR素子は、縦型MRヘッドに適用されて好適である。この場合、上述のMR素子が磁気シールド間に挟み込まれ、磁気記録媒体の信号記録面に対して前記軟磁性材の長手方向が垂直となるようにして用いられる。上述のMR素子が縦型MRヘッドに適用されるに際しては、磁区安定化材が軟磁性材における磁気記録媒体との対向面に臨む一端部から磁気シールド間の間隔（即ち、磁気ギャップ $g$ ）に相当する長さ以上後方まで配設されて好適である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用したMR素子の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

#### 【0023】第1の実施の形態

図1および図2に本実施の形態に係るMR素子10を示す。このMR素子10は、厚さ $d=15\text{nm}$ 、幅 $W=0.5\mu\text{m}$ 、長さ $L=4\mu\text{m}$ の単層の軟磁性材1と、該軟磁性材1の幅方向の両端側にそれぞれ配設された第1の磁区安定化材2および第2の磁区安定化材3とを備える。また、このMR素子10は、軟磁性材1の長手方向の一端部（ここでは便宜的に後端部と称す。）1aに接続される後端電極4、該軟磁性材1の他端部（ここでは便宜的に先端部と称す。）1bに接続される先端電極5を備えている。

【0024】ここで、軟磁性材1は、外部磁界 $H_{\text{ext}}$ によって磁化方向 $D_f$ が回転するものである。したがって、上述のMR素子10においては、この軟磁性材1の抵抗変化を利用して外部磁界 $H_{\text{ext}}$ の検出を行うこととなる。この軟磁性材1においては、第1の磁区安定化材2および第2の磁区安定化材3からのバイアス磁界が十分に大きければ、その磁化容易軸方向 $D_0$ がいずれの方向に設定されていてもよいが、ここでは、磁化容易軸方向 $D_0$ が幅方向と平行となるように形成されている。

【0025】第1の磁区安定化材2および第2の磁区安定化材3は、軟磁性材1の幅方向に平行な成分を有するバイアス磁界を発生可能なものであり、このバイアス磁界により、軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ を制御することができる。ここでは、第1の磁区安定化材2および第2の磁区安定化材3の磁化方向 $D_p$ は、軟磁性材1の幅方向と平行方向となされている。また、第1の磁区安定化材2および第2の磁区安定化材3は、軟磁性材1の幅方向

の両端側に、該軟磁性材1の長手方向に平行な中心線に対して対称となるように配設されるならば、いずれの位置に配設されてもよい。ここでは、第1の磁区安定化材2および第2の磁区安定化材3が、軟磁性材1の後端部1aから先端部1bに亘る全領域に配設されている。

【0026】後端電極4および先端電極5は、後端電極4から先端電極5に向かって軟磁性材1内にセンス電流 $i$ を流すため、軟磁性材1の長手方向の両端部1a、1b上に重なるごとく設けられたものである。ここでは、後端電極4は、軟磁性材1の幅 $W$ より広い幅にて軟磁性材1の長手方向に延在しており、軟磁性材1の後端部1aのみならず隣接する磁区安定化材2、3にも一部重なるごとく形成されている。また、先端電極5は、軟磁性材1とその両側の磁区安定化材2、3を合わせた幅よりもさらに広い幅を有し、図2に示された領域において軟磁性材1の先端部1bおよび磁区安定化材2、3と接し、紙面上方側から後端電極4側に向かって屈曲して延在されている。

【0027】なお、上述した軟磁性材1を構成する材料としては、従来公知の軟磁性材料がいずれも使用でき、例えば、 $\text{NiFe}$ 、 $\text{NiFeCo}$ 、パーマロイ合金： $\text{NiFe-X}$ （ $X=\text{Ta}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Si}$ 等、 $X$ としてこれらの元素が複数種類含有されてもよい。）、 $\text{CoZr}$ 系アモルファス等が挙げられる。また、後端電極4および先端電極5としては、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 等、電導性を有し且つ非磁性の金属材料が用いられる。

【0028】一方、磁区安定化材2、3は、軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ を制御可能なバイアス磁界を発生できれば、硬磁性材料膜、軟磁性材料膜と硬磁性材料膜との積層膜、反強磁性体膜、軟磁性材料膜と反強磁性体膜との積層膜のいずれから構成されてもよい。硬磁性材料膜としては、 $\text{CoPt}$ 、 $\text{CoNiPt}$ 、 $\text{CoCrTa}$ 等よりなる膜が挙げられる。また、反強磁性体膜としては、 $\text{FeMn}$ 、 $\text{NiMn}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{NiCoO}$ 等よりなる膜が挙げられる。なお、これら硬磁性材料膜や反強磁性体膜と組み合わせられる軟磁性材料膜としては、上述した軟磁性材1と同様の材料が使用できる。

【0029】電極4、5を省略したMR素子10の断面を図3に示すように、磁区安定化材2、3が硬磁性材料膜である場合には、この硬磁性材料膜と軟磁性材1とが強磁性結合し、軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ が硬磁性材料膜の磁化方向 $D_p$ と同じ方向を向くようになる。

【0030】また、磁区安定化材2、3が軟磁性材料膜と硬磁性材料膜との積層膜である場合、図4に示されるように、磁区安定化材2、3における軟磁性材料膜2a、3aと軟磁性材1とが異なる材料より形成されてもよいし、図5に示されるように、磁区安定化材2、3における軟磁性材料膜2a、3aと軟磁性材1とが共通の材料にて一体的に形成されてもよい。いずれにしても、

硬磁性材料膜2b、3bと重なる領域における軟磁性材料膜2a、3aの磁化方向 $D_p$ が、該硬磁性材料膜2b、3bと強磁性結合し、硬磁性材料膜2b、3bの磁化方向 $D_p$ と同じ方向を向くようになれば、硬磁性材料膜2b、3bと重なっていない領域における軟磁性材料膜、即ち、軟磁性材1と称している領域の磁化方向 $D_f$ も、その両端の軟磁性材料膜2a、3aの磁化方向 $D_p$ と同じ方向を向くようになる。

【0031】磁区安定化材2、3が反強磁性体膜や、軟磁性材料膜と反強磁性体膜との積層膜よりなる場合も、硬磁性材料膜や、軟磁性材料膜と硬磁性材料膜との積層膜よりなる場合と同様である。

【0032】なお、図4、図5では、磁区安定化材2、3が積層膜である場合、磁区安定化材2、3における軟磁性材料膜2a、3aと軟磁性材1とが同じ厚さに形成されたものを示したが、これに限られず、図6に示されるように、磁区安定化材2、3の積層膜全体の厚みと軟磁性材1の厚みとが等しくなるように形成されてもよい。

【0033】また、本実施の形態に係るMR素子10においては、磁区安定化材2、3の電気抵抗 $R_p$ が、軟磁性材1の電気抵抗 $R_f$ が大きくなるように構成される。ここでは、磁区安定化材2、3のセンス電流 $i$ の流入方向における長さは軟磁性材1と同じであるため、(磁区安定化材2、3を構成する材料の抵抗率 $\rho_p$ ) / (センス電流 $i$ の流入方向に垂直な断面における磁区安定化材2、3の断面積 $s_p$ )の値が、(軟磁性材1を構成する材料の抵抗率 $\rho_f$ ) / (上述の断面における軟磁性材1の断面積 $s_f$ )の値よりも大きくなるように設定すればよい。

【0034】磁区安定化材2、3の電気抵抗 $R_p$ を増大させるために断面積 $s_p$ を小さくする場合、磁区安定化材2、3の幅や厚みを小さくすればよい。また、磁区安定化材2、3の電気抵抗 $R_p$ を増大させるために抵抗率 $\rho_p$ を大きくする場合、元々抵抗率 $\rho_p$ が大きな材料を選択すればよいが、磁区安定化材2、3に対して選択的に不純物の導入を行ったり、選択的に酸化させたりしてもよい。

【0035】以上のような構成を有する本実施の形態に係るMR素子10においては、軟磁性材1の幅 $W$ が0.5 $\mu\text{m}$ と非常に狭いものであるにも関わらず、磁区安定化材2、3のバイアス磁界によって、該軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ が長手方向の静磁的な磁気異方性に打ち勝って幅方向を向くようになる。したがって、電極4、5間にセンス電流 $i$ を流した状態で、軟磁性材1の先端部1b側から外部磁界 $H_{\text{ext}}$ を印加すれば、軟磁性材1の抵抗変化が生じ、電極4、5間の電圧変化として外部磁界 $H_{\text{ext}}$ を検出できる。

【0036】ここで、実際に上述のMR素子10に、長手方向に平行な方向から外部磁界 $H_{\text{ext}}$ を印加したとき

の磁化を測定すると、図7に示されるように、ヒステリシスを有さない滑らかな磁化曲線が得られる。また、電気抵抗を測定すると、図8に示されるように、ヒステリシスを有さない滑らかな磁気抵抗曲線が得られる。これは、外部磁界 $H_{\text{ext}}$ が印加されていない状態では、磁区安定化材2、3のバイアス磁界によって軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ が磁化容易軸方向 $D_e$ を向いているためである。

【0037】また、本実施の形態に係るMR素子10においては、磁区安定化材2、3の電気抵抗 $R_p$ が、軟磁性材1の電気抵抗 $R_f$ が大きくなるように構成されているので、電流損失も抑制されている。

#### 【0038】第2の実施の形態

本実施の形態では、軟磁性材1への電流損失を抑制するために軟磁性材1と磁区安定化材2、3との間に絶縁材を介在させた。

【0039】図9および図10に、本実施の形態に係るMR素子20を示す。このMR素子20も、第1の実施の形態と同様、単層の軟磁性材1の幅方向の両端側に磁区安定化材2、3が配設され、また、軟磁性材1の長手方向の両端部1a、1bに重なるごとく電極4、5を備えている。しかし、本実施の形態に係るMR素子20においては、軟磁性材1と磁区安定化材2、3との間に第1の絶縁材6および第2の絶縁材7が介在されている点が第1の実施の形態と異なっている。

【0040】ここで、軟磁性材1は、第1の実施の形態にて説明したと同様のものであればよい。磁区安定化材2、3も、第1の実施の形態と同様、軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ を制御するために、該軟磁性材1の幅方向に平行な成分を有するバイアス磁界を発生するものである。ここでも、磁区安定化材2、3は、軟磁性材1の後端部1aから先端部1bに亘る全領域に配設されており、また、その磁化方向 $D_p$ が軟磁性材1の幅方向と平行方向に向けられている。但し、本実施の形態においては、磁区安定化材2、3が、硬磁性材料よりなる単層膜に限られる。

【0041】電極4、5は、第1の実施の形態と同様の材料、同様の延在方向にて形成すればよいが、その少なくとも一方が磁区安定化材2、3と非接触となされている必要がある。ここでは、後端電極4が、軟磁性材1とその両側の絶縁材6、7とを合計した幅より狭い幅にて、磁区安定化材2、3に重ならないように形成されている。なお、先端電極5は、第1の実施の形態と同様、磁区安定化材2、3と接している。

【0042】絶縁材6、7は、軟磁性材1と磁区安定化材2、3とを電氣的に絶縁可能であれば、いずれの材料より構成されても構わない。なお、磁区安定化材2、3が誘起するバイアス磁界の大きさは、距離の3乗に反比例するものであり、絶縁材6、7の幅 $w$ が大きいほど軟磁性材1の磁区安定化が困難となるため、絶縁材6、7

の幅 $w$ は絶縁性を確保できる限り小さい方がよい。

【0043】以上のような構成を有するMR素子20においては、軟磁性材1と磁区安定化材2、3とが電氣的に絶縁されているため、磁区安定化材2、3内にセンス電流 $i$ が流入することがなく、電流の損失が抑制される。

【0044】また、本実施の形態に係るMR素子20においても、磁区安定化材2、3のバイアス磁界によって軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ が制御されているため、安定した磁気抵抗特性が得られる。

【0045】なお、上述したMR素子20の変形例として、図11、図12に示されるようなMR素子30が挙げられる。図9、図10に示されたMR素子20においては、軟磁性材1の幅方向の両側のみに絶縁材6、7が設けられていたのに対し、図11、図12に示されるMR素子30においては、軟磁性材1の下側から、該軟磁性材1の幅方向の両側、磁区安定化材2、3の上側に亘って連続的に絶縁材8が設けられている。このような構成を有するMR素子30は、MR素子20に比して、製造工程の簡略化が図ることができる。

【0046】また、このMR素子30においては、磁区安定化材2、3の上面が絶縁材8にて被覆されているため、後端電極4の幅が軟磁性材1の幅 $W$ より大きくても、電極4、5と磁区安定化材2、3とが接触することがない。したがって、このようなMR素子30は、その製造工程において、電極4のパターニングのマージンを大きく確保できるという利点も有する。

#### 【0047】第3の実施の形態

本実施の形態では軟磁性材1への電流損失を無視できるような構成を示す。

【0048】図13および図14に本実施の形態に係るMR素子40を示す。このMR素子40も、第1の実施の形態と同様、単層の軟磁性材1の幅方向の両端側に磁区安定化材2、3が配設され、軟磁性材1の長手方向の両端部1a、1bに電極4、5を備えている。しかし、本実施の形態に係るMR素子40においては、磁区安定化材2、3が、軟磁性材1の長手方向の両端部1a、1b近傍にのみ設けられている点が第1の実施の形態とは異なっている。

【0049】即ち、第1の磁区安定化材2は、軟磁性材1の側方のうち軟磁性材1と後端電極4との接触領域に対応する領域に設けられた後端側磁区安定化材11と、軟磁性材1と先端電極5との接触領域に対応する領域に設けられた先端側磁区安定化材12とからなる。また、第2の磁区安定化材3は、軟磁性材1の側方のうち軟磁性材1と後端電極4との接触領域に対応する領域に設けられた後端側磁区安定化材13と、軟磁性材1と先端電極5との接触領域に対応する領域に設けられた先端側磁区安定化材14とからなる。このため、磁区安定化材2、3は、軟磁性材1のうち電極4、5間の実質的に感

磁部となる領域には接触しない。なお、磁区安定化材2、3は、軟磁性材1の後端部1a側のみ、あるいは、先端部1b側のみに設けられてもよいが、本実施の形態においては、軟磁性材1に十分なバイアス磁界を与えるために、軟磁性材1の両端部1a、1b近傍にそれぞれ磁区安定化材2、3設けた。

【0050】なお、軟磁性材1、磁区安定化材2、3、電極4、5を構成する材料は、第1の実施の形態と同様でよい。

10 【0051】以上のような構成を有する本実施の形態に係るMR素子40は、磁区安定化材2、3が軟磁性材1の感磁部に接触しないため、磁区安定化材2、3の電気抵抗 $R_p$ を増大させたり、軟磁性材1と磁区安定化材2、3との間に絶縁材を介在させたりせずとも、感磁部に供給されるセンス電流 $i$ には損失が生じない。また、本実施の形態に係るMR素子40においても、磁区安定化材2、3のバイアス磁界によって軟磁性材1の磁化方向 $D_f$ が制御されるため、安定した磁気抵抗特性が得られる。

#### 20 【0052】第4の実施の形態

ここで、第1の実施の形態に示されたMR素子10を縦型MRヘッドに適用した例について図15を用いて説明する。

【0053】この縦型MRヘッド50は、図1および図2に示されたようなMR素子10が下部磁気シールド21および上部磁気シールド22にて挟み込まれたものである。上部磁気シールド22は、磁気記録媒体との対向面付近で屈曲し、これにより、上部磁気シールド22と下部磁気シールド21間の距離が狭まるようになされている。なお、この上部磁気シールド22と下部磁気シールド21の先端部間の距離が磁気ギャップ $g$ となる。

30 【0054】また、この縦型MRヘッド50においては、軟磁性材1の長手方向が磁気記録媒体の信号記録面に対して垂直となるように、また、軟磁性材1の先端部1bが磁気記録媒体との対向面側となるように、MR素子10が配設される。さらに、この縦型MRヘッド50においては、軟磁性材1における感磁部の上方に、該軟磁性材1と直交するごとくバイアス導体23が配されている。このバイアス導体23は、軟磁性材1にバイアス磁界を与えて、検出信号の直線性を高める働きをする。

【0055】なお、上述のような構成を有する縦型MRヘッドは、 $Al_2O_3-TiC$ 等の非磁性材料からなるスライダ24上に配置されてなり、また、上部磁気シールド22上には保護膜25が設けられている。

【0056】以上のような構成を有する縦型MRヘッド50は、MR素子10が外部磁界 $H_{ext}$ によって抵抗変化を起こすことを利用して、磁気記録媒体からの信号磁界（外部磁界 $H_{ext}$ ）を検出することができる。

50 【0057】なお、この磁気ヘッド50において、実際に軟磁性材1が信号磁界（外部磁界 $H_{ext}$ ）の影響を受



けるのは、磁気記録媒体との対向面50aに臨む先端部から、これより後方へ磁気ギャップgに相当する長さ程度までである。これに対して、ここで用いられているMR素子10は、磁区安定化材2、3が軟磁性材1の長手方向の全領域に配設されており、信号磁界（外部磁界H<sub>ext</sub>）の影響を受ける領域では、十分に軟磁性材1の磁化方向D<sub>f</sub>が制御されている。したがって、このMR素子10を適用した磁気ヘッド50は、バルクハウゼンノイズを発生させることなく、良好な再生が可能となる。

【0058】なお、第1の実施の形態に係るMR素子10の代わりに、第2の実施の形態、第3の実施の形態に示したMR素子20、30、40を適用して磁気ヘッドを構成しても、同様に信号磁界を良好に再生可能なものとなる。

【0059】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明を適用すると、非常に狭い幅の軟磁性材に対しても、磁区の制御を適切に行うことができるようになる。したがって、単層の軟磁性材を用いた簡易な構造のMR素子で、優れた磁気抵抗特性を得ることができる。

【0060】そして、このMR素子を磁気ヘッドに適用すれば、バルクハウゼンノイズの発生が抑制され、良好な再生が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るMR素子の一構成例について要部を示す斜視図である。

【図2】図1のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図3】磁区安定化材の一構成例を示すための断面図である。

【図4】磁区安定化材の他の構成例を示すための断面図である。

【図5】磁区安定化材の他の構成例を示すための断面図である。

【図6】磁区安定化材の他の構成例を示すための断面図である。

【図7】本発明のMR素子の磁化曲線を示す特性図である。

【図8】本発明のMR素子の磁気抵抗曲線を示す特性図

である。

【図9】本発明のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図10】図9のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図11】本発明のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図12】図11のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図13】本発明のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図14】図13のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図16】従来のMR素子の構成例について要部を示す斜視図である。

【図17】図16のMR素子の磁化曲線を示す特性図である。

【図18】図16のMR素子の磁気抵抗曲線を示す特性図である。

【図19】従来のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図20】図19のMR素子の磁化曲線を示す特性図である。

【図21】図19のMR素子の磁気抵抗曲線を示す特性図である。

【図22】図19のMR素子の軟磁性材の幅を狭くした場合に得られる磁気抵抗曲線を示す特性図である。

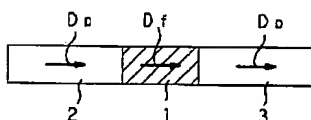
【図23】図19のMR素子の要部断面図である。

【図24】図19のMR素子における各軟磁性材の磁化容易軸方向D<sub>e</sub>と実際の磁化方向D<sub>f</sub>を模式的に示す斜視図である。

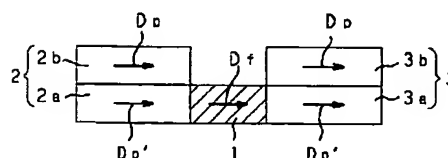
【符号の説明】

1 軟磁性材、 2 第1の磁区安定化材、 3 第2の磁区安定化材、 4 後端電極、 5 先端電極、 D 磁化容易軸方向、 D<sub>f</sub> 軟磁性材の磁化方向、 D<sub>p</sub> 磁区安定化材の磁化方向

【図3】

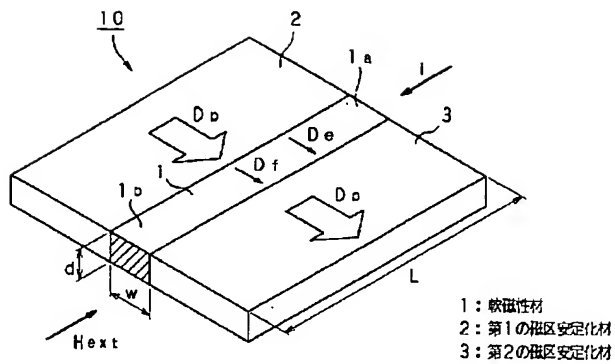


【図4】



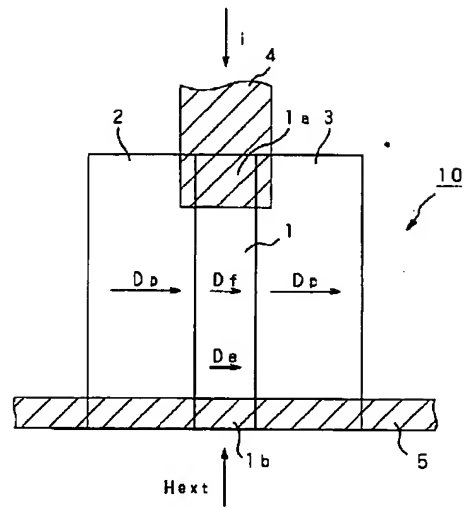


【図1】

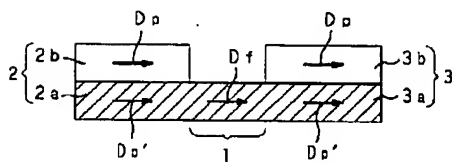


MR素子の縦断

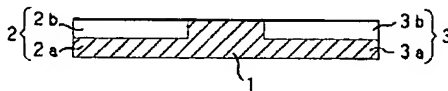
【図2】



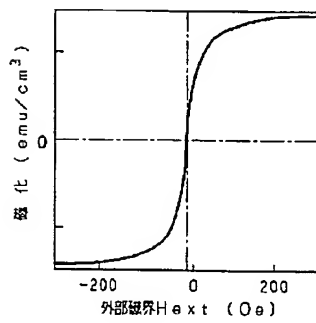
【図5】



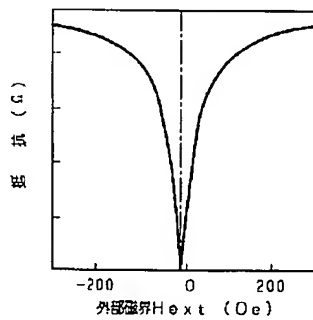
【図6】



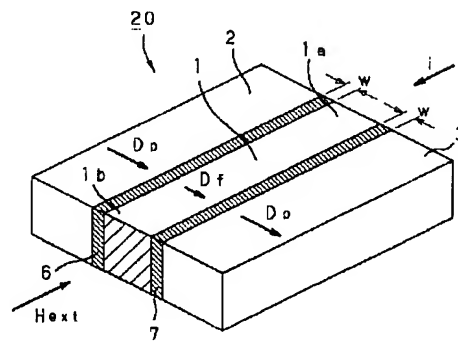
【図7】



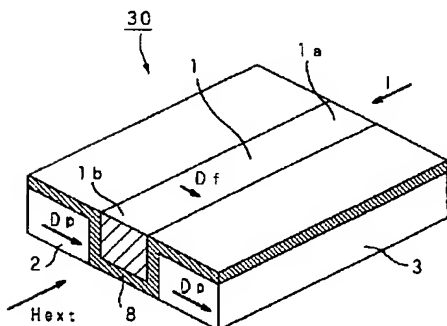
【図8】



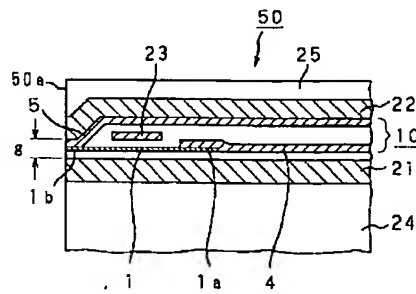
【図9】



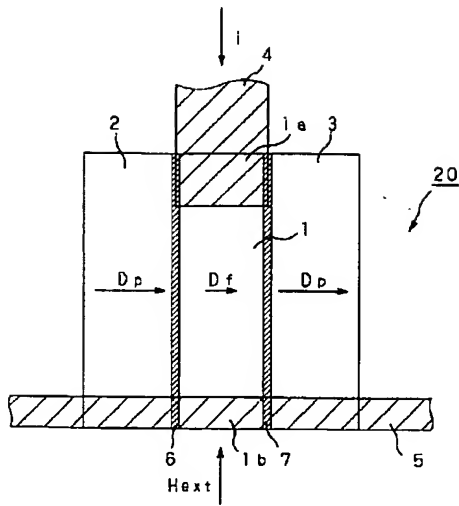
【図11】



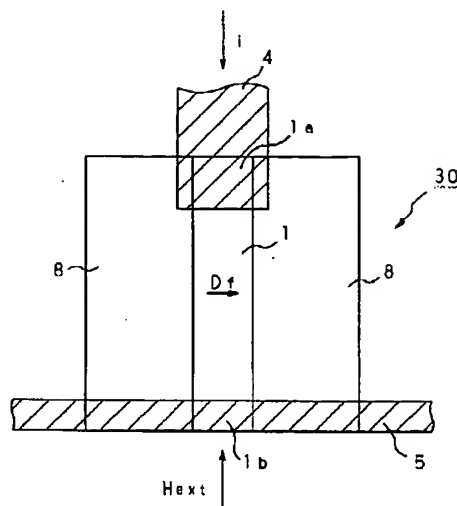
【図15】



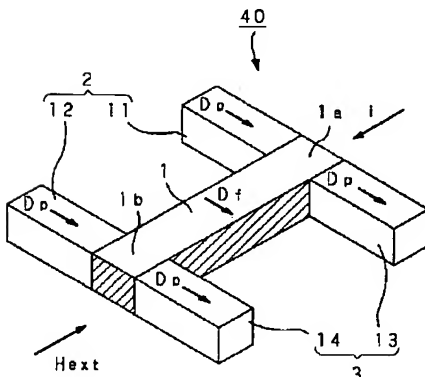
【図10】



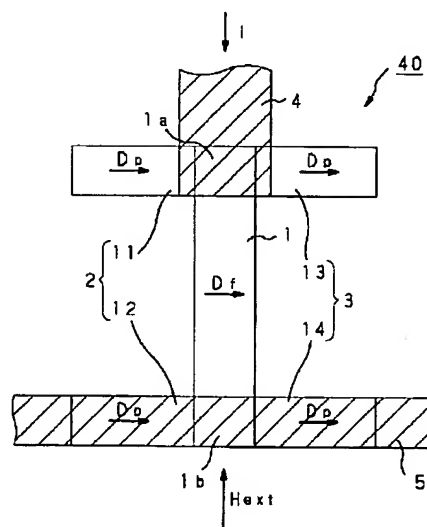
【図12】



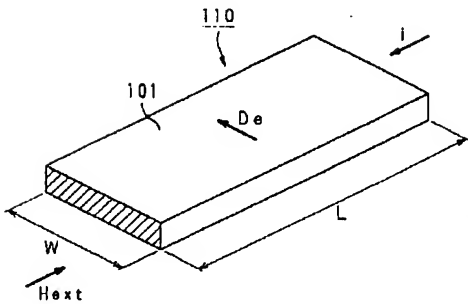
【図13】



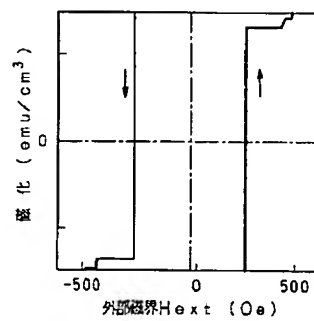
【図14】



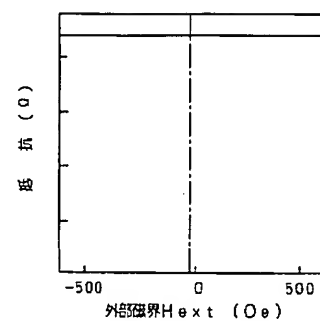
【図16】



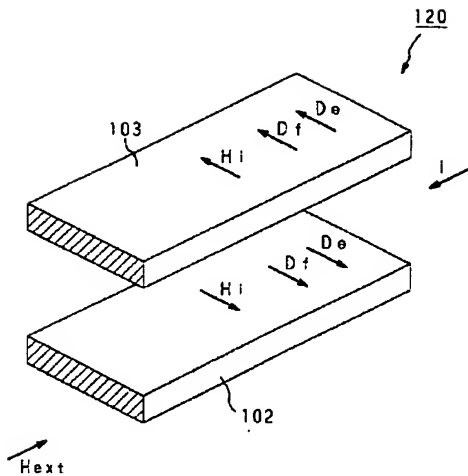
【図17】



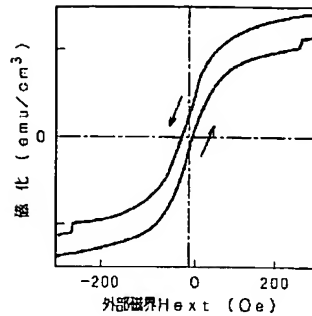
【図18】



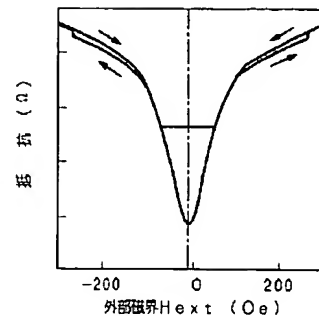
【図19】



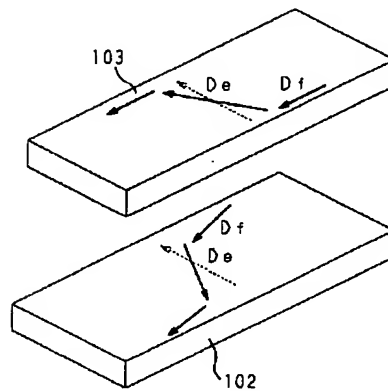
【図20】



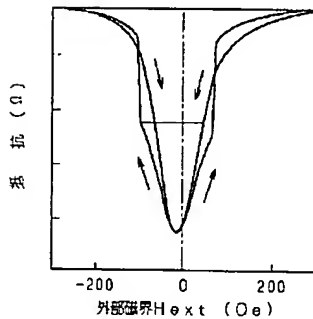
【図21】



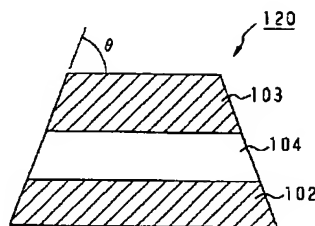
【図24】



【図22】



【図23】



## 【手続補正書】

【提出日】平成8年8月2日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るMR素子の一構成例について要部を示す斜視図である。

【図2】図1のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図3】磁区安定化材の一構成例を示すための断面図である。

【図4】磁区安定化材の他の構成例を示すための断面図である。

【図5】磁区安定化材の他の構成例を示すための断面図

である。

【図6】磁区安定化材の他の構成例を示すための断面図である。

【図7】本発明のMR素子の磁化曲線を示す特性図である。

【図8】本発明のMR素子の磁気抵抗曲線を示す特性図である。

【図9】本発明のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図10】図9のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図11】本発明のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図12】図11のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図13】本発明のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図14】図13のMR素子における軟磁性材および磁区安定化材と電極との位置関係を上面側から示す模式図である。

【図15】本発明のMR素子を適用した縦型MRヘッドを示す断面図である。

【図16】従来のMR素子の構成例について要部を示す斜視図である。

【図17】図16のMR素子の磁化曲線を示す特性図である。

【図18】図16のMR素子の磁気抵抗曲線を示す特性図である。

【図19】従来のMR素子の他の構成例について要部を示す斜視図である。

【図20】図19のMR素子の磁化曲線を示す特性図である。

【図21】図19のMR素子の磁気抵抗曲線を示す特性図である。

【図22】図19のMR素子の軟磁性材の幅を狭くした場合に得られる磁気抵抗曲線を示す特性図である。

【図23】図19のMR素子の要部断面図である。

【図24】図19のMR素子における各軟磁性材の磁化容易軸方向 $D_e$ と実際の磁化方向 $D_f$ を模式的に示す斜視図である。

【符号の説明】

1 軟磁性材、 2 第1の磁区安定化材、 3 第2の磁区安定化材、 4 後端電極、 5 先端電極、  $D_e$  磁化容易軸方向、  $D_f$  軟磁性材の磁化方向、  $D_p$  磁区安定化材の磁化方向

---

フロントページの続き

(72)発明者 鹿野 博司  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内